

METHOD FOR RECORDING AND REPRODUCING OPTICAL INFORMATION AND DEVICE THEREFOR

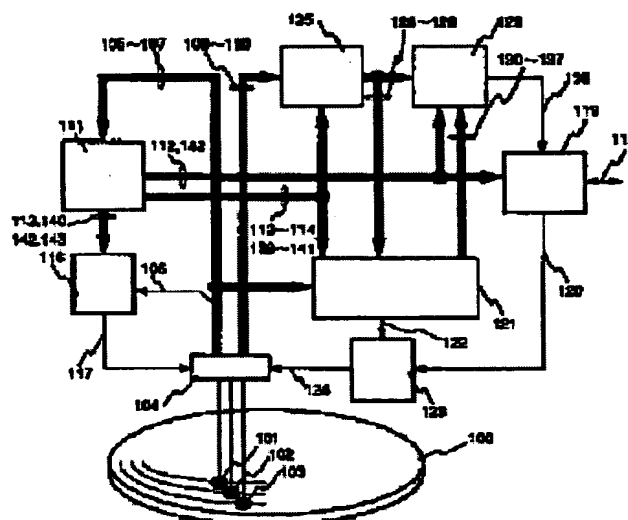
Patent number: JP8124167
Publication date: 1996-05-17
Inventor: WAKABAYASHI KOICHIRO; SUGIYAMA HISATAKA; ANDO TETSUO; MAEDA TAKESHI
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
- **International:** G11B7/00; G11B7/007
- **European:**
Application number: JP19940253213 19941019
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP8124167

PURPOSE: To perform a recording and reproducing even in the case a device is made to be high density by performing the recording while making the dimension of a recording mark correspond to multi-valued data and detecting multi-valued data while reducing crosstalk and intercode interference.

CONSTITUTION: This device is constituted of a two-dimensional equalization circuit 129 reducing the leak-in of two-dimensional information and an equalization coefficient learning circuit 121 for calculating an optimum equalization coefficient to be used in the two-dimensional equalization circuit in a state in which an optical recording medium is loaded in an information recording and reproducing device. Then, at the time of the reproducing of information, positions where marks for equalization coefficient learnings are recorded are detected based on the reproducing signal of pre-pits prepared previously in a learning track recognizing area and an equalization coefficient is calculated by reproducing learning marks with a spot based on the detection values and then the leak-in of the two-dimensional information is reduced by using the calculated equalization coefficient.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-124167

(43)公開日 平成8年(1996)5月17日

(51)Int.Cl.⁶

G 1 1 B 7/00
7/007

識別記号

庁内整理番号

Q 9464-5D
9464-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平6-253213

(22)出願日 平成6年(1994)10月19日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 若林 康一郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 杉山 久貴

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 安藤 哲生

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

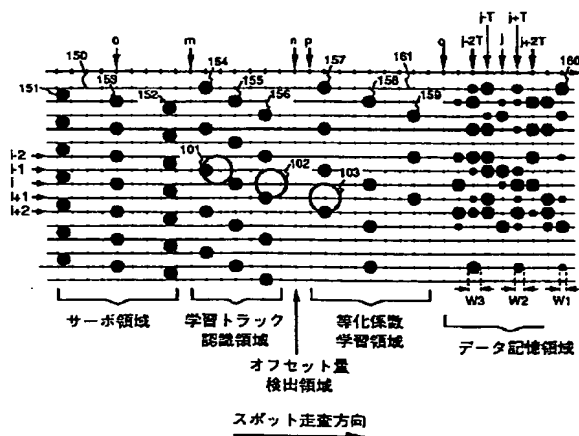
(54)【発明の名称】 光学的情報記録再生方法及び装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 多値記録再生が可能な光記録媒体および光ディスク装置を提供する。

【構成】 光情報記録媒体の予め定められた格子点上にレーザ光照射により記録マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に变化させて記録し、再生を目的とする格子点に対して二次元的に最も隣接する格子点からの情報のもれ込み量を検出するための領域を記録媒体上に設け該領域内の格子点上にマーク群157, 158, 159を記録し、マーク群を予め光スポット101, 102, 103で走査して得られた検出値を基に、隣接するトラックからのクロストーク量と、隣接する格子点間での符号間干渉量を学習しておき、情報再生時には信号処理を用いて隣接するトラックからのクロストークを低減し、さらに目的トラック上の符号間干渉を低減することで、二次元的に隣接する格子点からの情報のもれ込みを低減する。

(図2)



【特許請求の範囲】

【請求項1】光情報記録媒体の予め定められた格子点上にレーザ光照射により情報マークを記録し、少なくとも2つ以上の光スポットを用いて該情報マークによる光学的变化を検出し、情報を再生する光学的情報記録再生方法において、

記録マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に变化させて記録し、情報再生時には上記情報マークを光スポットで走査して得られる再生信号に信号処理を施し、クロストークと符号間干渉を低減し、多値データを検出することを特徴とする光学的情報記録再生方法。

【請求項2】再生を目的とする格子点に対して二次元的に最も隣接する4つの格子点からの情報のもれ込み量を検出するための領域を記録媒体上に設け、該領域内の所定の格子点上にマーク群を記録し、該マーク群を予め光スポットで走査して得られた検出値を基に、最も隣接する4つの格子点からの情報のもれ込み量を学習しておく、情報再生時には学習した情報のもれ込み量に基づき、隣接するトラックからのクロストークと再生を目的とするトラック上の符号間干渉を低減するための等化係数を算出し、該等化係数を用いて上記情報マークを光スポットで走査して得られる再生信号に信号処理を施し、該クロストークと該符号間干渉を低減し、多値データを検出することを特徴とする請求項1記載の光学的情報記録再生方法。

【請求項3】情報記録媒体にレーザ光スポットを照射して情報を記録すると共に隣接する3つのトラックに各々レーザ光スポットを照射して再生信号を発生する光ヘッドと、前記再生信号から光記録媒体の回転に同期した信号を発生する同期信号発生手段と、情報記録時には記録すべきデータから多値化変調信号を出力し、情報再生時には多値再生信号を復調するデータ制御手段と、前記データ制御手段から出力された変調信号に基づき光スポットの強度を変調するレーザ駆動手段と、3つの光スポットによって再生される隣接する3つのトラックからの再生信号のタイミングずれを補正する再生データ同期手段と、隣接する3つの情報トラックから得られた再生信号に前記等化係数を用いて演算処理を施し、前記クロストークを低減しかつ前記符号間干渉量を低減する二次元等化手段とを含むことを特徴とする光学的情報記録再生装置。

【請求項4】光情報記録媒体の等化係数学習領域の所定の格子点上にマーク群を記録する手段と、前記光記録媒体の等化係数学習領域内のマーク群を3つのスポットで走査して得られた再生信号を基に、再生を目的とする格子点に対して二次元的に最も隣接する4つの格子点からの情報の漏れ込み量を検出し、その検出値に基づき隣接するトラックからのクロストークを低減するための等化係数と、再生を目的とするトラック上の符号間干渉量を

低減するための等化係数を算出する等化係数学習手段とを更に含むことを特徴とする請求項3記載の光学的情報記録再生装置。

【請求項5】前記等化係数学習手段で検出された隣接トラックからのクロストーク量に基づき隣接トラック上にマークが既に記録されているか否かを判断する手段を更に含み、前記判定手段における判定結果にしたがってクロストークを低減するための等化係数算出方法を変更することを特徴とする請求項4記載の光学的情報記録再生装置。

【請求項6】情報の再生を目的とする格子点に対して二次元的に最も隣接する4つの格子点からの情報の漏れ込み量を検出するために、所定の格子点上にマーク群が記録される等化係数学習領域を備えることを特徴とする光情報記録媒体。

【請求項7】前記等化係数学習領域はセクタのデータ領域より前の部分に設けられ、前記等化係数学習領域より更に前の部分に該等化係数学習領域にマークを記録あるいは再生する位置を示すためのマークを設けた認識領域が設けられていることを特徴とする請求項6記載の光情報記録媒体。

【請求項8】前記等化係数学習領域は専用のトラックに設けられていることを特徴とする請求項6記載の光情報記録媒体。

【請求項9】光学的に情報を記録再生する光ディスク媒体において、該光ディスク媒体のトラックは複数の単位領域に分割され、該単位領域はサーボ用マークが記録されるサーボ領域、データ再生時にその等化条件を設定するための学習用マークが記録される等化係数学習領域、及び複数の大きさのデータマークによりデータを多値で記録するデータ記憶領域が順に配置されている光ディスク媒体。

【請求項10】前記サーボ用マーク、学習用マーク、及びデータマークは略円形の凹凸ピットにより形成されている請求項9記載の光ディスク媒体。

【請求項11】前記前記サーボ用マーク及び学習用マークは、それぞれ同一の大きさのマークであり、所定の配列パターンを構成する請求項9または10記載の光ディスク媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はレーザ光を用いて光記録媒体に情報を記録再生する、光学的情報の記録再生方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザ光を用いて情報トラック上に情報マークを記録し、この情報マークの有無に応じた光学的な変化を検出して情報を再生する光情報記録媒体の記録密度を向上する方法として、情報トラックの間隔（トラックピッチ）を狭くし、かつ光スポット走査方向の情報

マークの配列間隔(マークピッチ)を狭くすることが考えられる。しかし、トラックピッチ及びマークピッチが光スポットの径よりも小さくなると、光スポットが一つの情報マークを照射したときに周囲の他の情報マークの一部も同時に照射するため、再生すべき情報マークの信号に周囲の情報マークの信号が二次元的に漏れ込むという問題が起こる。この漏れ込みは、ノイズ成分として干渉し、再生の精度を低下させる。従って、トラックピッチ及びマークピッチの大きさは、光スポットの径によって制限されることになる。この光スポットの径は、波長 λ と絞り込みレンズの開口数(NA)とによって $\sim \lambda / \text{NA}$ という値に限定されるため、特定の波長のレーザと絞り込みレンズを備えた系では、二次元的な情報の漏れ込みが高密度化の大きな支障となる。

【0003】上記の問題を解決し、トラックピッチとマークピッチを小さくする手段として、上記情報の漏れ込み成分をキャンセルするための二次元等化処理方式(特開平02-257474号公報)がある。この従来例を図14に示す。この従来方式では、2値情報が情報はDiscrete Block servo Format(以下DBFと略す)に従う記録媒体上の予め定められた格子点上のマークの有無として記録される。従来、DBFはそのトラック信号検出の容易性、及び記録再生データのクロック検出の安定性において特徴があり、ディスク上に書き込まれたクロックビットを用いて全てのタイミングを検出できるので、図14に示したような二次元的な格子点上にマークを記録することができる。情報再生時には、トラック $i-1$ 、トラック i 及びトラック $i+1$ 上の格子点上の再生信号に基づき、図14に示したような信号処理回路を用いて、目的トラック i の再生信号から隣接するトラックからの情報の漏れ込み(以下クロストークと呼ぶ)とトラック i 上の情報の漏れ込み(以下符号間干渉と呼ぶ)を低減する。この技術を用いることにより、マークピッチとトラックピッチを小さくした場合でもクロストークや符号間干渉の影響を受けずに済み、高密度記録再生が可能となる。

【0004】一方、光情報記録媒体の記録密度を向上する別の方法として、多値のデータに対応させて記録マークの大きさを変化させて記録再生する多値記録再生方式(特開昭63-302426号公報)がある。この従来例を図15に示す。この従来方式では、記録マークの面積を変化させて情報を記録するので、一定寸法の記録要素に多ビットの記録が可能となる。これにより、再生時のスポット径を小さくしたり、マークピッチやトラックピッチを小さくしなくても高密度記録再生が可能となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記説明のように、トラックピッチとマークピッチを小さくする方法では、クロストークと符号間干渉が問題となるが、特開平02-

257474号公報記載の信号処理を用いれば、クロストークや符号間干渉の影響を受けずに済み、高密度記録再生が可能となる。しかし、この技術を用いても光ディスク装置のカットオフ空間周波数($2\text{NA}/\lambda$)以上の高周波信号を再生できず、このため $\lambda/4\text{NA}$ 以下のマークピッチでは記録再生できない。また、トラックピッチをあまり小さくするとクロストークが大幅に増え、上記信号処理を用いても十分にクロストークを低減できない。このように、特定の波長のレーザと絞り込みレンズを備えた系では実現できるトラックピッチとマークピッチに限界があり、特開平02-257474号公報記載の方法を用いても超高密度記録再生は実現できない。

【0006】一方、多値のデータに対応させて記録マークの面積を変化させて記録再生する特開昭63-302426号公報記載の多値記録再生方式では、一定寸法の記録要素に多ビット記録できるので、マークピッチやトラックピッチを小さくしなくても高密度記録再生が可能となる。しかし、特開昭63-302426号公報記載の従来方式では、情報再生時にスポット走査方向からの符号間干渉や隣接トラックからのクロストークが生じないようなマーク間距離を設ける必要があった。例えば、スポット走査方向へは最大のマークが互いに干渉しないような距離を設ける必要があり、従来の2値記録においてマークピッチを小さくして高密度化する場合に比べてマークピッチは大きくなってしまふ。これにより、多値化による高密度化の効果はマーク間を設けることによる低密度化により打ち消され、この従来方式を用いても高密度記録再生は実現できない。

【0007】本発明の目的は、従来と同等かそれ以下のマークピッチとトラックピッチで多値記録再生を行なうことができる超高密度記録媒体及び情報記録再生装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記問題点は、光情報記録媒体の予め定められた格子点上にレーザ光照射により記録マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に変化させて記録し、再生を目的とする格子点に対して二次元的に最も隣接する格子点からの情報のもれ込み量を検出するための領域を記録媒体上に設け該領域内の格子点上にマーク群を記録し、該マーク群を予め光スポットで走査して得られた検出値を基に、目的とするトラックに対して隣接するトラックからのクロストーク量と、目的とするトラック上の隣接する格子点間での符号間干渉量を学習しておき、情報再生時には信号処理を用いて学習したクロストーク量に基づき隣接するトラックからのクロストークを低減し、さらに学習した符号間干渉量に基づき目的トラック上の符号間干渉を低減することで、二次元的に隣接する格子点からの情報のもれ込みを低減することにより上記従来の問題点を解決することができる。

【0009】上記解決手段を以下に詳しく述べる。

【0010】以下、本発明における多値記録再生方法について述べる。本発明による情報記録再生方式では、光情報記録媒体の予め定められた格子点上に、マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に变化させて記録する。図1(a)は、2ビット分のデータ"00"、"01"、"10"、"11"をマークの大きさを4種類に変化させることで記録する例を示す。格子点にマークを記録しないことで"00"を記録し、格子点に径がW1のマークを記録することで"01"を記録し、格子点に径がW2のマークを記録することで"10"を記録し、格子点に径がW3のマークを記録することで"11"を記録する。

【0011】情報再生時には、格子点に記録されたマーク径0~W3に応じて格子点上での信号振幅が変調される。各マーク径0~W3は、例えば、格子点にマークが記録されていない場合には、格子点上での再生信号振幅は0となり、格子点に径がW1のマークが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は1となり、格子点に径がW2のマークが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は2となり、格子点に径がW3のマークが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は3となるように定めればよい。このようにすれば、格子点上の再生信号振幅が0の場合には"00"とし、格子点上の再生信号振幅が1の場合には"01"とし、格子点上の再生信号振幅が2の場合には"10"とし、格子点上の再生信号振幅が3の場合には"11"とすることで元のデータを再生できる。

【0012】但し、本発明による情報記録方式では、光スポット走査方向への格子点間隔(マークピッチ)と隣接トラック方向への格子点間隔(トラックピッチ)は光スポット径よりも小さいので、光スポットが一つのマークを照射したときに周囲の他のマークの一部も同時に照射する。このため、再生すべき情報マークの信号に周囲の情報マークの信号が二次元的に漏れ込み再生の精度を低下させる。そこで、再生時に以下の処理を施し、二次元的な情報の漏れ込みである隣接トラックからのクロストークとスポット走査方向からの符号間干渉を低減する。以下では、クロストークと符号間干渉を低減する*

$$S'(ij) = S(ij) + a S(i-1j-1) + b S(i-1j) + c S(i-1j+1) \\ + d S(ij-1) + e S(ij+1) + f S(i+1j-1) + g S(i+1j) + h S(i+1j+1) \quad \dots (数2)$$

【0019】ここにS(i, j)は格子点(i, j)に情報マークが単独で存在し、隣接情報マークが存在しない場合の再生信号レベルである(以下孤立信号と呼ぶ)。先に述べたように、孤立信号はマーク径の大きさによって変調される。そこで記録すべきマーク径は、例えば孤立信号が1となるような径をW1、孤立信号が2となるような径をW2、孤立信号が3となるような径を

*めの信号処理方式について説明する。

【0013】はじめに、隣接するトラックからのクロストークと再生を目的とするトラック上の符号間干渉について説明する。光スポットが任意のトラックを走査するとき、ある格子点の周囲には0~8個の隣接格子点があり、これらに情報マークが有るか無いかに応じて0~8個の隣接情報マークが存在する。光スポットが目的の格子点を照射するとき、その隣接格子点上にマークがある場合には、その情報マークも一部照射されるために隣接格子点からの情報の漏れ込みが生じる。

【0014】図3はこれら情報の漏れ込みを具体的に説明したものである。a~hは前記隣接する8つの格子点から目的の格子点への情報の漏れ込みの程度(以下干渉係数と呼ぶ)を表わし、図3に示した例では、干渉係数は次のようにして求められる。

【0015】

【数1】

$$\left. \begin{aligned} a &= S'(i, p+2T) / S'(i-1, p+T) \\ b &= S'(i, p+T) / S'(i-1, p+T) \\ c &= S'(i, p) / S'(i-1, p+T) \\ d &= S'(i, p+5T) / S'(i, p+4T) \\ e &= S'(i, p+3T) / S'(i, p+4T) \\ f &= S'(i, p+8T) / S'(i+1, p+7T) \\ g &= S'(i, p+7T) / S'(i+1, p+7T) \\ h &= S'(i, p+6T) / S'(i+1, p+7T) \end{aligned} \right\} \dots (数1)$$

【0016】但し、S'(i, p)は格子点(i, p)位置における再生信号レベルとし、各マーク間には各々が孤立と見なせるだけの十分な間隔が設けてあるとする。

【0017】後で詳しく述べるように、この干渉係数の値はマーク径をW1~W3と变化させた場合でも略一定であり、マーク径に対して独立と考えてよい。この条件が成り立てば、隣接情報マークからの干渉を受けた再生信号S'(i, j)は、図3に示した干渉係数a~hを用いて、次のように表すことができる。

【0018】

【数2】

W3と定めるのがよい。

【0020】本発明における信号処理では、数2のように表わされる再生信号に基づき二次元的な情報の漏れ込みを低減した信号S''(i, j)を求める。以下に、格子点(i, j)においてクロストークと符号間干渉を低減した信号を得るための信号処理方式(以下、二次元等化処理と呼ぶ)を示す。図3に示した干渉係数におい

て、 $a = b d$ 、 $c = b e$ 、 $f = g d$ 、 $h = g e$ が成り立つとすると、数3の計算を行うことでクロストークを低減することができる。

*【0021】
【数3】

$$S''(i,j) = S'(i,j) - b S'(i-1,j) - g S'(i+1,j) \quad \dots (数3)$$

【0022】さらに、数3の結果に基づき、次の計算を行なえば符号間干渉が低減できる。

※【0023】
※【数4】

$$S'''(i,j) = (1-de) S''(i,j) - d S''(i,j-1) + d^2 S''(i,j-2) - e S''(i,j+1) + e^2 S''(i,j+2) \quad \dots (数4)$$

【0024】上記数4は目的格子点とスポット走査方向に最も隣接する4つの格子点上の信号に基づき演算を行なう例を示すが、符号間干渉を低減する演算では、隣接する格子点上の信号数は4つに限定されるものではない。

【0025】ところで、実際の光ディスク装置では記録時のスポット形状、記録パワー、記録クロックタイミング、フォーカス、トラッキングの変動により記録マーク形状及び位置が変動したり、再生時の光スポット形状、トラッキング、フォーカス、サンプリングクロックタイミングの変動によりクロストーク量や符号間干渉量が変動する。これら変動要因が生じた場合でも、効果的にクロストークや符号間干渉を低減するためには、二次元等化に用いる等化係数も適応的に変化させる必要がある。この目的で、図3に示した干渉係数の値を実際の光ディスク装置に光記録媒体を装着した状態で測定する。測定の結果得られた干渉係数値から等化係数をもとめることで、最適な等化係数を算出できるのである。

【0026】この目的のために、所定のマーク列パターンを光記録媒体上の所定の位置に予め記録しておく。情報再生前にこのマーク列パターンを光スポットで再生し、再生信号を基に情報の漏れ込み量を学習する。先に述べたように、干渉係数の値がマーク径に対して独立で、しかも干渉係数間で $a = b d$ 、 $c = b e$ 、 $f = g d$ 、 $h = g e$ が成り立つならば、数3及び数4の計算を行なうことで二次元的な情報の漏れ込みを低減することができる。このとき、等化係数は、数4における $-b$ と $-g$ 、数4における $(1-de)$ 、 $-d$ 、 $-e$ 、 $d \times d$ 、 $e \times e$ である。したがって、干渉係数としては b 、 d 、 e 、 g を学習すれば十分であり、この学習値を基に上記等化係数を算出すればよい。以下では、 b と g を隣接するトラックからのクロストーク係数とよび、 d と e を目的とするトラック上の符号間干渉係数とよぶ。

【0027】

【作用】本発明による情報記録再生方式では、光情報記録媒体の予め定められた格子点上に、マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に变化させて記録する。例えば図1(a)に示したように、2ビット分のデータ"00"、"01"、"10"、"11"をマークの大きさを0~W3の4種類に変化させることで記録

すれば、情報再生時には、格子点に記録されたマーク径0~W3に応じて格子点上での信号振幅が変調される。すなわち、格子点上の再生信号振幅が0の場合には"00"とし、格子点上の再生信号振幅が1の場合には"01"とし、格子点上の再生信号振幅が2の場合には"10"とし、格子点上の再生信号振幅が3の場合には"11"とすることで元のデータを再生できる。

【0028】但し、本発明による情報記録方式では、光スポット走査方向への格子点間隔(マークピッチ)と隣接トラック方向への格子点間隔(トラックピッチ)は光スポット径よりも小さいので、光スポットが一つのマークを照射したときに周囲の他のマークの一部も同時に照射する。このため、再生すべき情報マークの信号に周囲の情報マークの信号が二次元的に漏れ込み再生の精度を低下させる。そこで、再生時に信号処理を施し、二次元的な情報の漏れ込みである隣接トラックからのクロストークとスポット走査方向からの符号間干渉を低減する。実際の光ディスク装置では記録時のスポット形状、記録パワー、記録クロックタイミング、フォーカス、トラッキングの変動により記録マーク形状及び位置が変動したり、再生時の光スポット形状、トラッキング、フォーカス、サンプリングクロックタイミングの変動によりクロストーク量や符号間干渉量が変動する。本発明における情報記録再生方式では、これら変動要因が生じた場合でも効果的にクロストークや符号間干渉を低減するために、上記課題を解決するための手段で述べた方法を用いて、光ディスク装置に光記録媒体を装着した状態で最適な等化係数を学習し、この学習の結果得られた等化係数に基づき二次元等化処理を行なう。

【0029】但し、前記二次元等化処理を行う場合には、干渉係数の値がマーク径をW1~W3と変化させた場合でも略一定であり、かつ $a = b d$ 、 $c = b e$ 、 $f = g d$ 、 $h = g e$ が略成り立つ必要がある。以下では、図4を用いて光ディスク装置においてこの条件が略成り立つことを示す。図4は、孤立マークを再生して得られる再生信号波形をシミュレーションした結果と、該再生波形から求められる干渉係数を示す。シミュレーションには、光回折と絞り込みレンズの開口数を考慮し、光ディスク再生過程シミュレーションを行なうジャーナル オブ オプティカルソサエティー オブ アメリカ 6

9、ナンバー1(1979年)第4項から第24項(J. Opt. Soc. Am., Vol. 69, No. 1, January (1979), PP4-24)記載のホプキンスの回折計算を用いた。光源波長は780nm、絞り込みレンズ開口数は0.55を仮定した。

【0030】図4(a)の左図は、光磁気媒体に記録された $W1=0.34\mu\text{m}$ のマーク及び $W2=0.50\mu\text{m}$ のマーク及び $W3=0.64\mu\text{m}$ のマークを再生する場合を示す。マークが記録されている格子点上で再生信号レベルが $W1$ のマークで1、 $W2$ のマークで2、 $W3$ のマークで3となるように各々のマーク径を決定した。この再生信号レベルから格子点間距離と干渉係数値の関係を計算すると右図のようになる。マーク径を $0.34\mu\text{m}\sim 0.64\mu\text{m}$ と変化させた場合でも、干渉係数値は略一定であることがわかる。また、トラックピッチとマークピッチを共に $0.6\mu\text{m}$ と仮定すると、格子点間隔 $0.6\mu\text{m}$ の値から $b=d=e=g=0.2$ であることがわかる。このとき対角方向の隣接格子点との間隔は $0.85\mu\text{m}$ となるので格子点間隔 $0.85\mu\text{m}$ の値から $a=c=f=h=0.04$ であることがわかる。このように、干渉係数間で $a=bd$ 、 $c=be$ 、 $f=gd$ 、 $h=ge$ が略成り立つことがわかる。これらの関係は、記録再生系に外乱が生じた場合でも略成り立つ。

【0031】これを踏まえて、以下、本発明による情報記録再生方式を用いた場合の効果について説明する。図5(a)は、図1(a)に示したような4値記録再生を行う場合に得られる再生信号をシミュレーションした結果である。光源波長は780nm、絞り込みレンズ開口数は0.55、記録媒体は光磁気媒体を仮定した。また、マークピッチを $0.75\mu\text{m}$ 、トラックピッチを $0.75\mu\text{m}$ 、マーク径 $W1$ を $0.34\mu\text{m}$ 、 $W2$ を $0.50\mu\text{m}$ 、 $W3$ を $0.64\mu\text{m}$ とした。シミュレーション結果は格子点を中心としたアイパターンで表示した。図5(b)は図5(a)に示した再生信号に基づき数3と数4による二次元等化処理を行なった場合の結果を示す。等化に用いる等化係数は、上記手段に述べた方法に基づきシミュレーションにより求めた。この学習した等化係数を用いて二次元等化を行なうことにより、二次元的な情報の漏れ込みを大幅に低減でき、格子点位置におけるアイ開口が十分に大きく開くことがわかる。算出される情報再生時にはスライスレベルを3つ設けて格子点間位置で4値判定し、2ビット分のデータを再生する。この結果を踏まえて現行媒体の S/N から等化後の S/N を換算すると、アイ開口1つ分の S/N は22dBとなり十分な S/N が得られることがわかった。このように、本発明による情報記録再生方式を用いれば上記条件下で記録再生が可能であり、このとき第1世代光磁気ディスクの8倍の記録密度を実現することができる。

【0032】

【実施例】以下、本発明における情報記録再生装置及び

光情報記録媒体について説明する。

【0033】本発明による情報記録再生方式では、光情報記録媒体の予め定められた格子点上に、マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に変化させて記録し、情報再生時には光ディスク装置に光記録媒体を装着した状態で最適な等化係数を学習し、この学習の結果得られた等化係数に基づき二次元的な情報の漏れ込みを低減するための二次元等化処理を行なった後、多値信号を検出する。

10 【0034】以下、本発明における第1の実施例について説明する。

【0035】図7は、光記録媒体に光磁気ディスクを用いる場合における、本発明による情報記録再生装置の概略図を示す。本装置では、サンプルサーボを行なうためにウォブルマークとクロックマークが設けられた光記録媒体100を用いた。情報を光記録媒体100に記録し、かつ記録された情報を再生するためにマルチスポット101~103が用いられる。マルチスポットを光記録媒体100上に絞り込み、かつ光スポットの位置決め制御を行なうために光ヘッド104が用いられる。さらに、光記録媒体100の回転に同期した信号を発生する同期信号発生器111、同期信号発生器111が発生する同期信号に基づき光記録媒体上のサーボマークを検出し、光スポット位置決め回路116、情報記録時には記録すべきユーザデータを多値化して出力し、情報再生時には再生信号を多値検出し復調することにより記録したデータを出力するデータ制御回路119、データ制御回路から出力された変調信号に基づき光スポットの強度を変調し、光記録媒体100上に変調されたデータを記録するレーザ駆動回路123、光スポット101~103によって再生される隣接する3本のトラックの再生信号を、アナログディジタル変換(以下、A/D変換と呼ぶ)し、スポット間のタイミングずれを補正して出力する再生データ同期回路125、再生データ同期回路の出力信号に基づき、二次元的な情報の漏れ込みを低減する二次元等化回路129、情報記録再生装置に光記録媒体を装着した状態で二次元等化回路で用いる最適な等化係数を求めるための等化係数学習回路121で構成される。

40 【0036】図2は本実施例で用いられる情報記録媒体の一例を示す。図2は、従来の1/2ピッチでスポットの位置決めを行い、情報を記録する場合の例を示す。従来の1/2ピッチでのスポットの位置決めは、例えば従来のサーボ信号の極性切り替えを行うことで実現でき、公知例(特公昭58-021336号公報)に記載されている手段を用いることによりスポット101及びスポット103の位置決め、スポット101~103のオートフォーカスを実現できる。本情報記録媒体は従来のサンプルサーボ方式に従う媒体と同様に、従来のセクタの概念を持つが、等化時の最適な等化係数を求めるための学習トラ

ック認識領域と等化係数学習領域をセクタの先頭部に設けた所に特徴がある。

【0037】情報記録時には、まず学習トラック認識領域に予め用意されたプリビットの再生信号に基づき、等化係数学習用マークを記録する位置を検出し、この検出値に基づき等化係数学習領域の定められた格子点位置に学習用マークを記録し、その後ユーザデータがデータ記憶領域に記録される。

【0038】情報再生時には学習トラック認識領域に予め用意されたプリビットの再生信号に基づき、等化係数学習用マークの記録されている位置を検出し、この検出値に基づき学習用マークをスポットで再生して等化係数を算出し、この算出された等化係数を用いて二次元的な情報の漏れ込みを低減するための二次元等化処理を行う。

【0039】以上では、書き込み可能な磁気光学媒体を例にとって説明した。本願発明は、他に凹凸ビットで情報を形成する所謂ROMディスクにも適用可能であり、この場合は学習トラック認識領域を省略し、ウォブルマーク151、152、クロックマーク153、学習用マーク154、155、156、及びデータを凹凸ビットで形成することができる。

【0040】次に本発明による情報記録装置及び媒体について説明する。以下、図8に示した同期信号発生器111について説明する。同期信号発生器111は図7に示した記録再生装置の構成要素であり、各スポットから得られるクロックマーク153の再生信号に同期した信号を生成する。該同期信号発生器111は3つのPLL回路200～202からなる。光スポット101から得られる総光量信号105、光スポット102から得られる総光量信号106、及び光スポット103から得られる総光量信号107は、まず同期信号発生器111内にある3つのPLL回路200、201及び202に入力される。各PLL回路200～202は、総光量信号に含まれるクロックマークの信号を検出し、光記録媒体100の回転に同期したクロック信号112～114、及びクロックマーク用サンプルホールド信号139～141を発生する。クロック信号112～114の周期は、例えば、図2に示した光記録媒体上で光スポット走査方向への格子点間隔Tに相当すればよい。これらクロック信号112～114は同期信号発生器111の出力信号となる。但し、PLL回路201は、上述した光スポット位置決め回路116で用いられるウォブルマーク用サンプルホールド信号142と143も出力する。これらサンプルホールド信号142と143も同期信号発生器111の出力信号となる。

【0041】以下、図9に示した情報記録回路について説明する。情報記録回路は、図7に示した記録再生装置のうち、等化係数学習回路121と、データ変調回路及びレーザ駆動回路からなる。情報記録時において、ス

ット102は、図2に示したような学習アドレス領域に記録されている学習トラック識別マーク154～156を再生する。この識別マーク群の再生信号を含んだ総光量信号106は等化係数学習回路121に入力される。等化係数学習回路121には学習トラック識別回路210と学習マーク記録信号発生回路212がある。総光量信号106は、まず学習トラック識別回路210によってレベルスライスされて2値化される。学習トラック識別回路210は、この2値化信号に基づき学習マークを記録すべき位置を決定する。具体的には、図2に示したように識別マーク154～156のスポット走査方向への記録位置は、 $m+T$ 、 $m+3T$ 、 $m+5T$ の3種類があり、学習マーク記録回路はクロック信号113とクロックマーク用サンプルホールド信号140に基づいて2値化の結果得られたパルスの位置がこれらの記録位置のどれに相当するかを求める。パルスの位置が $m+T$ であると認識すると2ビットのデジタル信号であるトラック識別結果信号211は00と出力され、 $m+3T$ であると認識するとトラック識別結果信号211は01と出力され、 $m+5T$ であると認識するとトラック識別結果信号211は10と出力される。この信号は、次のトラック識別が行なわれるまで保持される。但し、学習トラック識別回路210はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号113に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号140のパルスが入力されるとリセットされる。学習トラック識別回路210は、このカウンタの値が学習トラック認識領域の先頭位置に対応するカウンタ値 m で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $n-1$ で動作を終了する。

【0042】学習マーク記録信号発生回路212はトラック識別結果信号211、クロック信号113及びクロックマーク用サンプルホールド信号140に基づき学習マークを記録するための学習マーク記録信号122を出力する。トラック識別結果信号211の値が00であれば、 $p+T$ の格子点位置でパルスを出力し、トラック識別結果信号211の値が01であれば、 $p+4T$ の位置でパルスを出力し、トラック識別結果信号211の値が10であれば、 $p+7T$ の位置でパルスを出力する。この学習マーク記録信号122はレーザ駆動回路123へ入力され、レーザ駆動回路123は学習マーク記録信号122にしたがって記録パルス124を出力し、光スポット102の強度は記録パルス124にしたがって変調される。光記録媒体上の等化係数学習領域に学習用マーク157あるいは学習用マーク158あるいは学習用マーク159を記録する。但し、学習マーク記録信号発生回路212はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号113に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号140のパルスが入力されるとリセットされる。学習マーク記録信号発生回路212は、このカウンタの値が等化係数学習領域の先頭位置に対応する

カウンタ値 p で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $q-1$ で動作を終了する。

【0043】上述したような回路を用いれば、図2に示したように等化係数学習領域内の所定の位置に等化係数を学習するためのマークを記録することができる。学習用マークは学習時に互いに干渉し合わないよう、二次元的な間隔を持たせて記録することが望ましい。学習用のマーク径を W 、光源波長を λ 、絞り込みレンズ開口数を NA とすると、例えば、学習用マークの中心間距離を $(W + \lambda / NA)$ 以上にして配置すればよい。

【0044】記録されるべきデータは上述した学習マークの記録が終了した後で記録される。図9に示したように記録すべきユーザデータ118はデータ制御回路119へ入力され、ユーザデータ118はデータ制御回路119内にある変調回路213によって多値化される。但し、データ制御回路119はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号113に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号140のパルスが入力されるとリセットされる。データ制御回路119は、このカウンタの値が q 以上になると動作を開始する。多値化された変調データ120はレーザ駆動回路123に入力され、レーザ駆動回路123は変調データ120に基づきスポット102の強度を変調し、光記録媒体上のデータ記憶領域に記録マーク160を記録する。記録マーク160はデータ記憶領域内の格子点 q 、 $q+T$ 、 $q+2T$ 、... 上に記録される。これにより、光情報記録媒体の予め定められた格子点上に、マークの大きさを多値のデータに対応させて2種類以上に变化させて記録することができる。図1(a)と図2は、2ビット分のデータ"00"、"01"、"10"、"11"をマークの大きさを4種類に変化させることで記録する例を示す。格子点にマークを記録しないことで"00"を記録し、格子点に径が $W1$ のマークを記録することで"01"を記録し、格子点に径が $W2$ のマークを記録することで"10"を記録し、格子点に径が $W3$ のマークを記録することで"11"を記録する。各マーク径 $0 \sim W3$ は、例えば、格子点にマークが記録されていない場合には、格子点上での再生信号振幅は0となり、格子点に径が $W1$ のマークが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は1となり、格子点に径が $W2$ のマークが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は2となり、格子点に径が $W3$ のマークが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は3となるように定めればよい。

【0045】以上では、主に書き込み書替えの可能な光磁気記録方式を例にとって説明した。上記では学習用マークとデータは共に光磁気ドメインとして形成されるため、記録条件が同じであり等化係数の補償が容易である。しかし、条件を調整することにより、学習用マークを凹凸ビットなどの他の構成で予め記録しておくことも

可能である。この場合は学習トラック識別マークは不要であり、また、装置構成から学習マークを記録する為の構成を省略することができる。

【0046】以下では、情報再生時に学習領域の等化係数学習用マークを再生して等化係数を学習し、データ記憶領域に記録されたデータを再生する方法、及び装置について説明する。

【0047】まず、図10に示したタイミングずれ補正回路について説明する。タイミングずれ補正回路は図7に示した本発明における情報記録再生装置の構成要素であり、情報再生時のスポット間のタイミングずれ補正するために用いられる。タイミングずれ補正回路125は A/D 変換器220~222、オフセット量差分回路226~228、ファーストイン・ファーストアウトメモリ回路(FIFO回路)231~232で構成される。 A/D 変換器とオフセット量差分回路は、スポット101~103から得られる光磁気信号108~110に1つつずつ設けられる。FIFO回路は、スポット102と103から得られる光磁気信号109と110に1つつずつ設けられる。また、各々の A/D 変換器、オフセット量差分回路、FIFO回路は、カウンタを内蔵する。カウンタは各々入力されるクロック信号に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号のパルスが入力されるとリセットされる。 A/D 変換器、オフセット量差分回路は、このカウンタの値がオフセット検出領域の位置に対応するカウンタ値 n になると動作を開始し、データ記憶領域の終了位置に対応するカウンタ値 r まで動作する。特に、FIFO回路231と232ではカウンタが2つ用意され、FIFO回路231ではクロック113に従ってカウントするカウンタ値が n になると動作を開始し、クロック112に従ってカウントするカウンタ値が r になるまで動作する。同様に、FIFO回路232ではクロック114に従ってカウントするカウンタ値が n になると動作を開始し、クロック112に従ってカウントするカウンタ値が r になるまで動作する。

【0048】スポット101から入力される光磁気信号108は、まず A/D 変換器220に入力され、格子点位置の光磁気信号がデジタル化される。デジタル化された光磁気信号はデジタル再生信号223としてオフセット量差分回路226に入力される。オフセット量差分回路226では、信号成分に含まれるオフセット成分を検出し、該オフセット量と入力されるデジタル再生信号の差分値を出力する。オフセット量は図2に示したオフセット学習領域をスポットで再生した値を用いる。具体的には、まずカウンタ値 n で得られるデジタル再生信号223をオフセット量としてホールドし、それ以降は該オフセット量とデジタル再生信号223の差分値を出力する。この差分値は同期再生信号126としてタイミングずれ補正回路125の出力信号となる。

また、本実施例では、図2に示したようにオフセット量検出領域が1つの格子点からなる場合を示したが、オフセット量検出領域内に2個以上の格子点を配置してもよい。オフセット量検出時において、2個以上の格子点信号の平均値をオフセット量とすることで、オフセット量の検出精度を向上することができる。

【0049】スポット102から入力される光磁気信号109は、まずA/D変換器221に入力され、格子点位置の光磁気信号がデジタル化される。デジタル化された光磁気信号はデジタル再生信号224としてオフセット量差分回路227に入力される。オフセット量差分回路227では、信号成分に含まれるオフセット成分を検出し、該オフセット量と入力されるデジタル再生信号224の差分値229を出力する。オフセット量差分回路227から出力される差分値229はFIFO回路231に入力され、クロック信号113に基づきFIFO回路内に記憶される。

【0050】スポット103から入力される光磁気信号110も、上述した光磁気信号109の場合と同様の処理が行なわれる。まずA/D変換器222に入力され、格子点位置の光磁気信号がデジタル化される。デジタル化された光磁気信号はデジタル再生信号225としてオフセット量差分回路228に入力される。オフセット量差分回路228では、信号成分に含まれるオフセット成分を検出し、該オフセット量と入力されるデジタル再生信号225の差分値230を出力する。オフセット量差分回路228から出力される差分値230はFIFO回路232に入力され、クロック信号114に基づきFIFO回路内に記憶される。

【0051】FIFO回路231に記憶された差分値229、及びFIFO回路232に記憶された差分値230はクロック信号112に基づき読みだされ、これら差分値は同期再生信号127、128としてタイミングずれ補正回路125の出力信号となる。このとき、同期再生信号127と128は、スポット間隔に起因する光磁気信号108～110の隣接トラック方向に対するタイミングずれが補正されるようにFIFO回路から読みだされ、その結果、同期再生信号126～128は互いに隣接トラック方向に同期した信号となる。ところで、図5(a)は、図1(a)に示したような4値記録再生を行う場合に得られる再生信号をシミュレーションした結果である。光源波長は780nm、絞り込みレンズ開口数は0.55、記録媒体は光磁気媒体を仮定した。また、マークピッチを0.75 μ m、トラックピッチを0.75 μ m、マーク径W1を0.34 μ m、W2を0.50 μ m、W3を0.64 μ mとした。シミュレーション結果は格子点を中心としたアイパターンで表示した。上記光磁気信号108～110は、例えば、図5(a)に示したアイパターンの信号に相当し、格子点同期信号126～128は図5(a)に示したアイパター

ンの格子点位置における信号に相当する。本来は格子点位置の再生信号振幅が0の場合には"00"とし、格子点上の再生信号振幅が1の場合には"01"とし、格子点上の再生信号振幅が2の場合には"10"とし、格子点上の再生信号振幅が3の場合には"11"とすることで元のデータを再生できる。但し、本発明による情報記録方式では、光スポット走査方向への格子点間隔(マークピッチ)と隣接トラック方向への格子点間隔(トラックピッチ)は光スポット径よりも小さいので、光スポットが一つのマークを照射したときに周囲の他のマークの一部も同時に照射する。このため、再生すべき情報マークの信号に周囲の情報マークの信号が二次元的に漏れ込み再生の精度を低下させる。そこで、再生時に以下の処理を施し、二次元的な情報の漏れ込みである隣接トラックからのクロストークとスポット走査方向からの符号間干渉を低減する。以下では、クロストークと符号間干渉を低減するための信号処理方式について説明する。

【0052】まず、図11に示した再生時に用いる等化係数学習回路121について説明する。実際の光ディスク装置では記録時のスポット形状、記録パワー、記録クロックタイミング、フォーカス、トラッキングの変動により記録マーク形状及び位置が変動したり、再生時の光スポット形状、トラッキング、フォーカス、サンプリングクロックタイミングの変動によりクロストーク量や符号間干渉量が変動する。これら変動要因が生じた場合でも、効果的にクロストークや符号間干渉を低減するためには、二次元等化に用いる等化係数も適応的に変化させる必要がある。この目的で、図3に示した干渉係数の値を実際の光ディスク装置に光記録媒体を装着した状態で測定する。測定の結果得られた干渉係数値から等化係数をもとめることで、最適な等化係数を算出できるのである。

【0053】等化係数学習回路121は図1に示した記録再生装置の構成要素であり、二次元的な情報の漏れ込みを低減するための最適な等化係数を求めるために用いられる。等化係数学習回路121は情報記録時にも用いた学習トラック識別回路、情報漏れ込み量検出回路、及び等化係数算出回路で構成される。等化係数の求め方については課題を解決するための手段で詳しく述べた。以下ではその手段を実現する回路について述べる。

【0054】まず、図3に示した隣接するトラックからの情報の漏れ込み量であるクロストーク量b、及びgを求め、該クロストーク量に基づきクロストークを低減するための等化係数の算出手段について説明する。クロストーク量を算出するためには、図2に示した等化係数学習用マーク157～159が等化係数学習領域のどの格子点に記録されているかを知る必要がある。これは、学習トラック認識領域内に記録されている学習トラック識別マーク154～156を光スポット101～103を用いて再生することで等化係数学習用マークの記録位置

を検出できる。図11に示されるようにスポット101から得られる総光量信号105は、学習トラック識別回路250によってレベルスライスされて2値化される。学習トラック識別回路250は、この2値化信号に基づき学習マークが記録されている位置を検出する。

【0055】具体的には、図2に示したように識別マーク154~156のスポット走査方向への記録位置は、 $m+T$ 、 $m+3T$ 、 $m+5T$ の3種類があり、学習マーク記録回路250はクロック信号112とクロックマーク用サンプルホールド信号139に基づいて2値化の結果得られたパルスの位置がこれらの記録位置のどれに相当するかを求める。パルスの位置が $m+T$ であると認識すると2ビットのデジタル信号であるトラック識別結果信号253は00と出力され、 $m+3T$ であると認識するとトラック識別結果信号253は01と出力され、 $m+5T$ であると認識するとトラック識別結果信号253は10と出力される。この信号は、次のトラック識別が行なわれるまで保持される。但し、学習トラック識別回路250はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号112に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号139のパルスが入力されるとリセットされる。学習トラック識別回路250は、このカウンタの値が学習トラック認識領域の先頭位置に対応するカウンタ値 m で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $n-1$ で動作を終了する。同様にスポット103から得られる総光量信号107は、学習トラック識別回路251によってレベルスライスされて2値化される。学習トラック識別回路251は、この2値化信号に基づき学習マークが記録されている位置を上同の手段で検出する。検出された結果はトラック識別結果信号254として出力され、次のトラック識別が行なわれるまで保持される。但し、学習トラック識別回路251はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号114に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号141のパルスが入力されるとリセットされる。学習トラック識別回路251は、このカウンタの値が学習トラック認識領域の先頭位置に対応するカウンタ値 m で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $n-1$ で動作を終了する。

【0056】クロストーク量検出回路256は、タイミングずれ補正回路125から得られる同期再生信号126と同期再生信号127、及び学習トラック識別回路250の出力信号であるトラック識別結果信号253に基づき図3に示したクロストーク量 b を検出する。但し、クロストーク量検出回路256はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号112に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号139のパルスが入力されるとリセットされる。クロストーク量検出回路256は、このカウンタの値が等化係数学習領域の先頭位置に対応するカウンタ値 p で動作を開始し、末尾位置

に対応するカウンタ値 $q-1$ で動作を終了する。

【0057】以下では、具体的な説明をするために、図2に示した例に基づき説明する。すなわち、光スポット101はトラック $i-1$ 上を追跡し、光スポット102はトラック i 上を追跡し、光スポット103はトラック $i+1$ 上を追跡する場合を例として述べる。この場合、上記学習トラック認識の結果としてトラック識別結果信号253は00となる。このときクロストーク量検出回路256は、クロストーク量 b を検出するための学習マークが格子点 $p+T$ 位置に記録されていることを知るので、同期再生信号126に基づき格子点 $(i-1, p+T)$ 位置の格子点信号 $S'(i-1, p+T)$ をサンプルホールドすると共に、同期再生信号127に基づき格子点 $(i, p+T)$ で得られる格子点信号 $S'(i, p+T)$ をサンプルホールドする。クロストーク量検出回路256は、 $S'(i-1, p+T)$ が孤立信号振幅の半値よりも大きい場合には、 $S'(i, p+T)$ と $S'(i-1, p+T)$ の比、 $S'(i, p+T)/S'(i-1, p+T)$ を出力する。一方、 $S'(i-1, p+T)$ が孤立信号振幅の半値よりも小さい場合には、0を出力する。該クロストーク量出力信号260が隣接トラックからのクロストーク量 b を表す。

【0058】同様にして、図3におけるクロストーク量 g も求めることができる。クロストーク量検出回路257は、タイミングずれ補正回路125から得られる同期再生信号127と同期再生信号128、及び学習トラック識別回路251の出力信号であるトラック識別結果信号254に基づき図3に示したクロストーク量 g を検出する。但し、クロストーク量検出回路257はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号112に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号139のパルスが入力されるとリセットされる。クロストーク量検出回路257は、このカウンタの値が等化係数学習領域の先頭位置に対応するカウンタ値 p で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $q-1$ で動作を終了する。具体的な説明をするために、図2に示した例に基づき説明する。すなわち、光スポット101はトラック $i-1$ 上を追跡し、光スポット102はトラック i 上を追跡し、光スポット103はトラック $i+1$ 上を追跡する場合を例として述べる。この場合、上記学習トラック認識の結果としてトラック識別結果信号254は10となる。このときクロストーク量検出回路257は、クロストーク量 g を検出するための学習マークが格子点 $p+7T$ 位置に記録されていることを知るので、同期再生信号128に基づき格子点 $(i+1, p+7T)$ 位置の格子点信号 $S'(i+1, p+7T)$ をサンプルホールドすると共に、同期再生信号127に基づき格子点 $(i, p+7T)$ で得られる格子点信号 $S'(i, p+7T)$ をサンプルホールドする。クロストーク量検出回路256は、 $S'(i+1, p+7T)$ が孤立信号振幅の半値

19

よりも大きい場合には、 $S'(i, p+7T)$ と $S'(i+1, p+7T)$ の比、 $S'(i, p+7T)/S'(i+1, p+7T)$ を出力する。一方、 $S'(i+1, p+7T)$ が孤立信号振幅の半値よりも小さい場合には、0を出力する。該クロストーク量出力信号261が隣接トラックからのクロストーク量 g を表す。上述したように隣接するトラックからのクロストーク量を求めるときには、学習マークが記録位置において、両端のスポットから得られる格子点信号が孤立信号の半分の値より大きい、小さいかを判断する。これは、目的のトラックに隣接するトラック上に既にマークが記録されているか否かを判断するためである。隣接トラック上にマークが記録されている場合には、再生時に隣接トラックからのクロストークが問題となる。しかし、隣接トラック上にマークがまだ記録されていない場合、再生時のクロストークは生じない。すなわち、上記クロストーク量は0である。隣接するトラック上にマークが記録されていない場合には、等化係数学習領域に学習用マークも記録されていない。この場合、目的のトラックに隣接するトラック上に既にマークが記録されているか否かを判断せず、上記クロストーク量を求めると、両端のスポットから得られる学習記録マーク位置における格子点信号が0に近くなり、クロストーク量の学習値は発散し、最適な等化係数を算出することができなくなる。

【0059】次に、図3に示した目的トラック上からの情報の漏れ込み量である符号間干渉量 d 、及び e を求め、該符号間干渉量に基づき符号間干渉量を低減するための等化係数の算出手段について説明する。符号間干渉量を算出するためには、上述したクロストーク量の検出の場合と同様に、図2に示した学習マーク157~159が等化係数学習領域のどの格子点に記録されているかを知る必要がある。これは、学習トラック認識領域内に記録されている学習トラック識別マーク154~156を光スポット102を用いて再生することで学習マークの記録位置を検出できる。スポット102から得られる総光量信号106は、学習トラック識別回路252によってレベルスライスされて2値化される。学習トラック識別回路252は、この2値化信号に基づき学習マークが記録されている位置を同上の手段で検出する。検出された結果はトラック識別結果信号255として出力され、次のトラック識別が行なわれるまで保持される。但し、学習トラック識別回路252はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号113に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号140のパルスが入力されるとリセットされる。学習トラック識別回路252は、学習トラック認識領域の先頭位置に対応するカウンタ値 m で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $n-1$ で動作を終了する。

【0060】符号間干渉量検出回路258及び259は、タイミングずれ補正回路125から得られる同期再

20

生信号127、及び学習トラック識別回路250の出力信号であるトラック識別結果信号255に基づき図3に示した符号間干渉量 d 及び e を検出する。但し、符号間干渉量検出回路258及び259はカウンタを内蔵し、該カウンタはクロック信号112に従ってカウントし、クロックマーク用サンプルホールド信号139のパルスが入力されるとリセットされる。符号間干渉量検出回路258及び259は、等化係数学習領域の先頭位置に対応するカウンタ値 p で動作を開始し、末尾位置に対応するカウンタ値 $q-1$ で動作を終了する。以下では、具体的な説明をするために、図2に示した例に基づき説明する。すなわち、光スポット101はトラック $i-1$ 上を追跡し、光スポット102はトラック i 上を追跡し、光スポット103はトラック $i+1$ 上を追跡する場合を例として述べる。この場合、上記学習トラック認識の結果としてトラック識別結果信号255は01となる。このとき符号間干渉量検出回路258は、符号間干渉量 d を検出するための学習マークが格子点 $p+4T$ 位置に記録されていることを知るので、同期再生信号127に基づき格子点 $(i, p+4T)$ 位置の格子点信号 $S'(i, p+4T)$ をサンプルホールドすると共に、格子点 $(i, p+5T)$ で得られる格子点信号 $S'(i, p+5T)$ をサンプルホールドする。符号間干渉量検出回路258は、 $S'(i, p+4T)$ と $S'(i, p+5T)$ の比、 $S'(i, p+5T)/S'(i, p+4T)$ を出力する。該符号間干渉量出力信号262が目的トラック上の符号間干渉量 d を表す。

【0061】同様に、図3における符号間干渉量 e を求めることができる。符号間干渉量検出回路259は、上記トラック識別結果信号255が01であることから、符号間干渉量 e を検出するための学習マークが格子点 $p+4T$ 位置に記録されていることを知る。このとき同期再生信号127に基づき格子点 $(i, p+3T)$ 位置の格子点信号 $S'(i, p+3T)$ をサンプルホールドすると共に、格子点 $(i, p+4T)$ で得られる格子点信号 $S'(i, p+4T)$ をサンプルホールドする。符号間干渉量検出回路259は、 $S'(i, p+3T)$ と $S'(i, p+4T)$ の比、 $S'(i, p+3T)/S'(i, p+4T)$ を出力する。該符号間干渉量出力信号263が目的トラック上の符号間干渉量 e を表す。

【0062】以下、上記手段によって求められたクロストーク量 b 及び g と符号間干渉量 d 及び e に基づき等化時に用いる等化係数を算出する回路について説明する。等化係数算出回路264はクロストークを低減するための等化係数を、クロストーク量出力信号260に基づき計算して出力する。具体的には、クロストーク出力信号260の値が b である場合には $-b$ を等化係数130として出力する。同様に等化係数算出回路266はクロストークを低減するための等化係数を、クロストーク量出

21

力信号261に基づき計算して出力する。具体的には、クロストーク量出力信号261の値が g である場合には $-g$ を等化係数132として出力する。また、等化係数算出回路265はクロストークを低減するための等化係数131を出力するが、3つのスポットを用いて等化を行なう場合には常に1を出力する。

【0063】等化係数算出回路267及び268は符号間干渉を低減するための等化係数を、符号間干渉量出力信号262に基づき計算して出力する。具体的には、符号間干渉量出力信号262の値が d である場合には、等化係数算出回路267は $d \times d$ を等化係数133として出力し、等化係数算出回路268は $-d$ を等化係数134として出力する。同様に等化係数算出回路270及び271は符号間干渉を低減するための等化係数を、符号間干渉量出力信号263に基づき計算して出力する。具体的には、符号間干渉量出力信号263の値が e である場合には等化係数算出回路270は $-e$ を等化係数136として出力し、等化係数算出回路271は $e \times e$ を等化係数137として出力する。また、等化係数算出回路269は符号間干渉を低減するための等化係数を、符号間干渉量出力信号262と符号間干渉量出力信号263に基づき計算して出力する。具体的には、符号間干渉量出力信号262の値が d で、符号間干渉量出力信号263の値が e である場合には $(1 - de)$ を等化係数135として出力する。これら等化係数130～137が等化係数学習回路121の出力信号となり、次の学習が行なわれるまで等化係数の値は保持される。

【0064】以下、二次元的な情報の漏れ込みを低減するための二次元等化処理を実現する回路について説明する。本発明による二次元等化処理では、課題を解決するための手段で述べた数3の計算を行なうことにより隣接トラックからのクロストークを低減し、さらに数4の計算を行なうことにより目的トラック上の符号間干渉を低減する。図12は数3及び数4の計算を実現するための二次元等化回路129を示す。二次元等化回路129は上記等化係数学習回路121から出力される等化係数130～137と光磁気信号の格子点位置における信号である同期再生信号126～128に基づき、同期再生信号127に含まれる二次元的な情報の漏れ込みを低減する。等化後の同期再生信号は等化後信号138として出力される。二次元等化回路129はクロストーク低減回路340と符号間干渉低減回路341からなる。クロストーク低減回路340は遅延回路290～292、利得調整回路297～299、加算器305で構成され、符号間干渉低減回路341は遅延回路293～296、利得調整回路300～304、加算器306～309で構成される。

【0065】以下では、数3を実施するクロストーク低減回路340について説明する。遅延回路290～296はクロック信号112で制御され、入力信号を時間

22

T 遅延させて出力する。タイミングずれ補正回路125から入力される同期再生信号126～128は、まず遅延回路290～292へ入力される。利得調整回路297～299は、上記等化係数出力回路121から入力されるクロストークを低減するために用いられる等化係数130～132と入力信号310～312を各々掛け合わせた信号313～315を出力する。信号313～315は加算器305に入力され、加算された後、信号316として出力される。信号316は隣接トラックからのクロストークが低減された同期再生信号127に相当する。

【0066】以下では、数4を実施する符号間干渉低減回路341について説明する。符号間干渉低減回路341は信号316と等化係数133～137に基づき符号間干渉を低減する。信号317は遅延回路293を通過することにより信号316に対して時間 T 遅れた信号となり、信号318は遅延回路293～294を通過することにより信号316に対して時間 $2T$ 遅れた信号となり、信号319は遅延回路293～295を通過することにより信号316に対して時間 $3T$ 遅れた信号となり、信号320は遅延回路293～296を通過することにより信号316に対して時間 $4T$ 遅れた信号となる。利得調整回路300～304は信号316～320と等化係数133～137を各々掛け合わせた信号321～325を出力する。信号321～325は加算器306～309によって加算され、等化後信号138を生成する。等化後信号138は隣接トラックからのクロストークと目的トラック上の符号間干渉が低減された同期再生信号127に相当し、二次元等化回路129の出力信号となる。この等化後信号138は、例えば図5

(b)に示したアイパターンの格子点位置における信号に相当する。図5(b)は図5(a)に示した再生信号に基づき数3と数4による二次元等化処理を行なった場合の結果を示す。等化に用いる等化係数は、上記手段に述べた方法に基づきシミュレーションにより求めた。この学習した等化係数を用いて二次元等化を行なうことにより、二次元的な情報の漏れ込みを大幅に低減でき、格子点位置における各アイ開口が十分に大きく開くことがわかる。現行媒体の S/N から等化後の S/N を換算すると、アイ開口1つ分の S/N は22dBとなり十分な S/N が得られる。また、二次元等化回路129は、従来から用いられている簡易型の等化回路であるが、上記学習の結果得られた最適な等化係数を用いて二次元的な情報の漏れ込みを低減するところに特徴がある。上記等化係数の演算は、従来の最小自乗誤差法を用いて等化係数を求める場合に比べて短時間で算出できるため、ランダムアクセスにも高速に対応することが可能となる。

【0067】以下、図13に示した再生時に用いるデータ制御回路119について説明する。データ制御回路119は二次元等化回路129から入力される等化後信号

138を4値化し、復調することでユーザデータ118を再生し出力する。データ制御回路119内にはコンパレータ350と復調回路352がある。等化後信号138はコンパレータ350に入力され、4値化される。比較結果信号351は復調回路352に入力されて復調される。復調回路352は復調信号を出力し、この信号がユーザデータ118となる。

【0068】このように、本発明による情報記録再生方式を用いれば超高密度記録条件下で記録再生が可能であり、このとき第1世代光磁気ディスクの8倍の記録密度を実現することができる。

【0069】上記実施例では、等化係数学習用マークを等化係数学習領域内の定められた格子点で記録再生する目的で、学習トラック認識領域を等化係数学習領域の前に設けたが、従来からセクタの先頭部に設けられているトラックアドレスに基づき等化係数学習用マークの記録再生位置を検出してもよい。例えば、図2において、スポット102でトラックアドレスを再生し、トラックアドレスの最下位2ビットが00ならば $p+T$ の格子点位置に学習マークを記録し、トラックアドレスの最下位2ビットが01ならば $p+4T$ の格子点位置に学習マークを記録し、トラックアドレスの最下位2ビットが10ならば $p+7T$ の格子点位置に学習マークを記録すればよい。このように学習マークの記録位置がわかれば、実際の学習マークの記録は上記実施例記載の装置を用いればよい。情報再生時には、例えば、図2において、スポットでトラックアドレスを再生し、トラックアドレスの最下位2ビットが00ならば $p+T$ が学習マークの記録位置であることが認識でき、トラックアドレスの最下位2ビットが01ならば $p+4T$ が学習マークの記録位置であることが認識でき、トラックアドレスの最下位2ビットが10ならば $p+7T$ が学習マークの記録位置であることが認識できる。このように学習マークの記録位置がわかれば、実際の等化係数の学習は上記実施例記載の装置を用いればよい。

【0070】また、上記実施例ではセクタ毎に等化係数の学習を行う場合について説明したが、例えば、ディスクの外周部、中周部、内周部に等化係数学習のためのトラックを設け、外周部、中周部、内周部ごとに等化係数の学習を行ってもよい。

【0071】以下、本発明における第2の実施例について説明する。

【0072】上記第1の実施例では光磁気媒体を用いる場合について説明したが、以下に示す第2の実施例では、ROM媒体を用いる場合について説明する。ROM媒体は光磁気媒体に比べて高 S/N の再生信号が得られる。再生信号の S/N が高いほど多値レベルを増やすことができるので、より一層の高密度化が実現できる。図1(b)は、3ビット分のデータ"000"、"001"、"010"、"011"、"100"、"101"、"110"、"111"をマークの大きさを8種類に変化させることで記録する例を示す。格子点にマークを記録しないことで"000"を記録し、格子点に径がX1のマークを記録することで"001"を記録し、格子点に径がX2のマークを記録することで"010"を記録し、格子点に径がX3のマークを記録することで"011"を記録し、格子点に径がX4のマークを記録することで"100"を記録し、格子点に径がX5のマークを記録することで"101"を記録し、格子点に径がX6のマークを記録することで"110"を記録し、格子点に径がX7のマークを記録することで"111"を記録する。一般に光ディスクでは、記録できるマーク径の最大値と最小値が存在するため、多値数を増やす場合にはマーク径のきざみを小さくする必要がある。また記録できるマーク径の最大値と最小値に対応して、再生時の再生信号の最大値と最小値が決まるため、多値数を増やす場合には各検出レベル(例えば、図5(b)に示した垂直アイ開口振幅)が小さくなってしまふ。すなわち、さらに高度な記録時のマーク径制御と、さらに高い再生時の S/N が必要とされるのである。

【0073】例えば位相ビットによって信号の記録されているROM媒体は、光磁気媒体に比べてさらに高度な記録時のマーク径制御が可能であり、さらに高い再生時の S/N が得られるので、上記8値記録が可能となる。但し、光磁気媒体でもさらに高度な記録時のマーク径制御が可能となり、さらに高い再生時の S/N が得られれば、同様に上記8値記録が可能となる。各マーク径0~X7は、カッティング時に例えば、格子点にビットが記録されていない場合には、格子点上での再生信号振幅は0となり、格子点に径がX1のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅はYとなり、格子点に径がX2のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は $(Z+Y)$ となり、格子点に径がX3のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は $(2Z+Y)$ となり、格子点に径がX4のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は $(3Z+Y)$ となり、格子点に径がX5のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は $(4Z+Y)$ となり、格子点に径がX6のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は $(5Z+Y)$ となり、格子点に径がX7のビットが記録されている場合には、格子点上での再生信号振幅は $(6Z+Y)$ となるように定めればよい。

【0074】以下、第2の実施例における情報再生装置について説明する。ROM媒体の場合には情報は媒体に予め凹凸形状で記録されているので、第1の実施例で述べたような情報記録回路は必要としない。

【0075】まず、情報記録媒体は図2に示したデータ記憶領域において、径が0~X7のビットを形成しておけばよく、サーボ領域、学習トラック認識領域、オフセ

ット量認識領域、等化係数領域は同様である。但し、学習トラック認識領域や等化係数学習領域には各ピットを予め形成しておく。さらに、情報再生回路も第1の実施例に示した回路を一部変更すればよい。第1は、ROM媒体では情報ピットの信号は総光量信号で与えられるので、第1の実施例で示した光磁気信号を総光量信号で置き換えることである。第2は、クロストークや符号間干渉を低減する場合の信号処理において、線形化信号処理を用いることである。以下ではこの線形化信号処理について説明する。

【0076】図6(a)は、図1(b)に示したような8値記録再生を行う場合に得られる再生信号をシミュレーションした結果である。光源波長は780nm、絞り込みレンズ開口数は0.55、記録媒体はROM媒体を仮定した。また、ピットピッチを0.69μm、トラックピッチを0.69μm、最小ピット径X1を0.252μm、最大ピット径X2を0.480μm、ピット径きざみを0.038μm、ピット深さを0.156μmとした。シミュレーション結果は格子点を中心としたアイパターンで表示した。図6(a)は等化処理を行なう前の信号を示す。クロストークと符号間干渉により格子点上での垂直アイ開口がつぶれてしまいデータを検出できない。そこで、図6(a)に示した信号に光磁気媒体と同様にクロストークと符号間干渉を低減するための等化処理を施すと、図6(b)に示した信号が得られる。この場合、変調度が小さいところでのアイ開口は改善されるが、変調度が大きいところでのアイ開口は改善されない。これは、ROM媒体でピットを隣接させて記録した場合、再生時の変調度が大きくなるにつれて本来の変調度よりも小さな変調度しか得られないことに起因する。これを示したのが図6(c)である。横軸は本来得られるべき変調度(以下線形信号変調度と呼ぶ)を示し、縦軸は実際に得られる変調度(以下非線形信号変調度と呼ぶ)を示す。例えば、変調度20%付近では線形信号変調度と非線形信号変調度は同じであるが、線形信号変調度が80%と大きくなると非線形変調度は70%となり小さくなってしまふ。図6(b)に示したような変調度が小さいところでのアイ開口は改善されるが、変調度が大きいところでのアイ開口は改善されない理由は、このような再生時の非線形特性により説明できる。

【0077】本発明では、図6(c)に示した再生時の非線形特性を利用して、変調度が大きいところでの非線形信号変調度の劣化を補正し、変調度が大きいところでのアイ開口を改善する。具体的には、図6(c)に示した再生時の非線形特性は高次関数で近似できるので、まずこの関数を利用して非線形信号変調度に基づき線形信号変調度を算出する(線形化信号処理)。クロストークや符号間干渉を低減するための信号処理は、この算出された線形信号変調度に基づいて行なうのである。図6(d)は等化処理の前に線形化信号処理を用いた場合を

示す。図6(b)に比べて変調度の大きいところでのアイ垂直開口が改善されている。現行媒体のS/Nから等化後のS/Nを換算すると、アイ開口1つ分のS/Nは22dBとなり十分なS/Nが得られる。このように、第2の実施例では二次元等化処理の前段に上記線形化信号処理を用いれば超高密度記録条件下で記録再生が可能であり、このとき第1世代CD-ROMの6倍の記録密度を実現することができる。

【0078】上記実施例では、光磁気ディスクあるいはROM媒体を用いる場合について記載したが、本発明による記録再生方式は記録媒体を問わず、例えば、追記媒体、相変化媒体でも構わない。これらの媒体では情報マークの再生信号は総光量信号で与えられるので、ROMを用いた場合と同様な装置で容易に情報記録再生装置を実現できる。

【0079】

【発明の効果】本発明では、従来に対してトラックピッチとマークピッチを詰めて多値記録再生方式を行なう手段を考案した。再生時には隣接マークからの二次的な情報の漏れ込みが問題となるが、学習の結果得られた等化係数に基づき適応的に二次元等化を行なうことで、この漏れ込みを低減することができる。その結果トラックピッチとマークピッチを詰めた場合でも多値信号を精度よく検出でき、高密度化した場合でも記録再生が可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による情報記録再生方式の原理を示す平面図である。

【図2】本発明による光ディスクにおける情報記録方式の一実施例を示す平面図である。

【図3】本発明による情報記録再生装置における情報の漏れ込み量を説明するための平面図である。

【図4】本発明による情報記録再生方式の効果を示すグラフ図である。

【図5】本発明による情報記録再生方式の効果を示すグラフ図である。

【図6】本発明による情報記録再生方式の効果を示すグラフ図である。

【図7】本発明による情報記録再生装置の概要を示すブロック図である。

【図8】本発明による情報記録再生装置を構成する同期信号発生器の一実施例を示すブロック図である。

【図9】本発明による情報記録再生装置を構成する情報記録回路の一実施例を示すブロック図である。

【図10】本発明による情報記録再生装置を構成する再生データ同期回路の一実施例を示すブロック図である。

【図11】本発明による情報記録再生装置を構成する等化係数学習回路の一実施例を示すブロック図である。

【図12】本発明による情報記録再生装置を構成する二次元等化回路の一実施例を示すブロック図である。

【図13】本発明による情報記録再生装置を構成するデータ制御回路の一実施例を示すブロック図である。

【図14】従来技術を示す説明図である。

【図15】従来技術を示す説明図である。

【符号の説明】

100 光記録媒体、101～103 光スポット、104 光ヘッド、105～107 総光量信号、108～110 光磁気信号、111 同期信号発生器、112～114 クロック信号、116 光スポット位置決め回路、117 アクチュエータ制御信号、118 ユーザデータ、119 データ制御回路、120 変調データ、121 等化係数学習回路、122 学習マーク記録信号、123 レーザ駆動回路、124 記録パルス、125 再生データ同期回路、126～128 同期再生信号、129 二次元等化回路、130～137 等化係数、138 等化後信号、139～141 クロックマーク用サンプルホールド信号、142～143 ウォブルマーク用サンプルホールド信号、150 格子点、151 ウォブルマークA、152 ウォブルマ

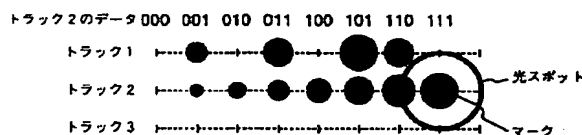
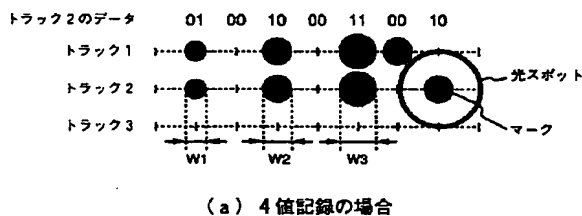
ークB、153 クロックマーク、154～156 学習トラック識別マーク、157～159 等化係数学習用マーク、160 情報マーク、161 トラック、200～202 PLL回路、210 学習トラック識別回路、211 トラック識別結果信号、212 学習マーク記録信号発生回路、213 変調回路、220～222 A/D変換器、223～225 デジタル再生信号、226～228 オフセット量差分回路、229～230 差分値、231～232 ファーストインファーストアウト回路、250～252 学習トラック識別回路、253～255 トラック識別結果信号、256～257 クロストーク量検出回路、258～259 符号間干渉量検出回路、260～261 クロストーク量、262～263 符号間干渉量、264～271 等化係数算出回路、290～296 遅延回路、297～304 利得調整回路、305～309 加算器、310～328 二次元等化回路内の信号、350 コンパレータ、351 比較結果信号、352 復調回路。

【図1】

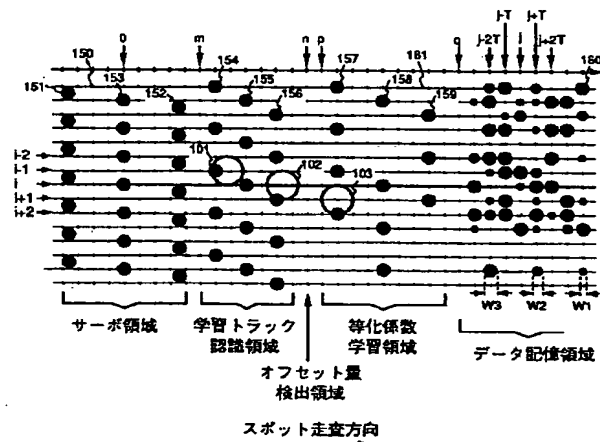
【図2】

(図1)

(図2)



(b) 8値記録の場合

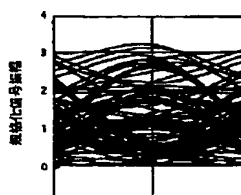
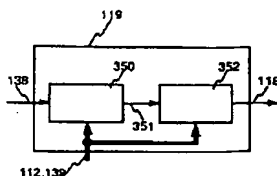


【図5】

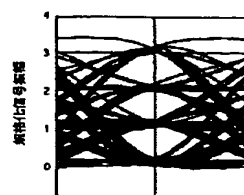
(図5)

【図13】

(図13)



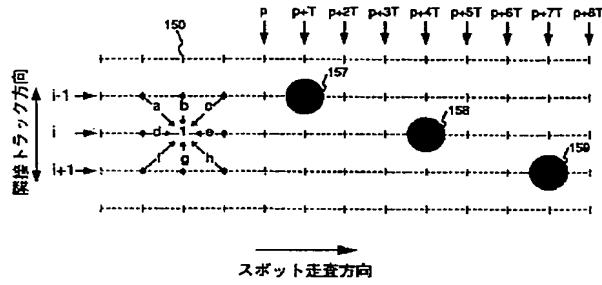
(a) 等化前



(b) 等化処理後

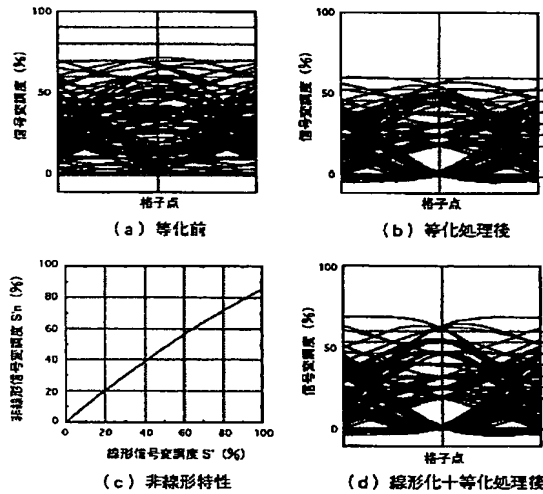
【図3】

(図3)



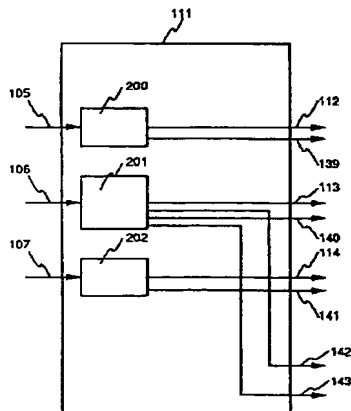
【図6】

(図6)



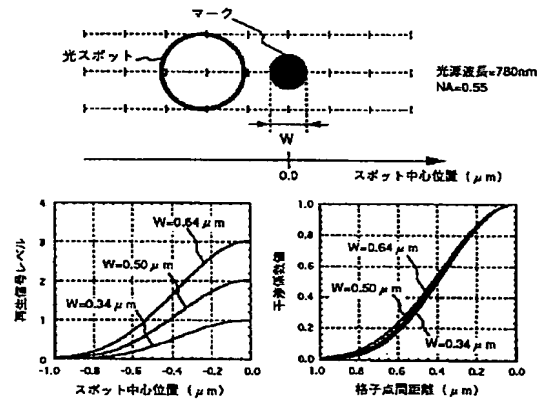
【図8】

(図8)

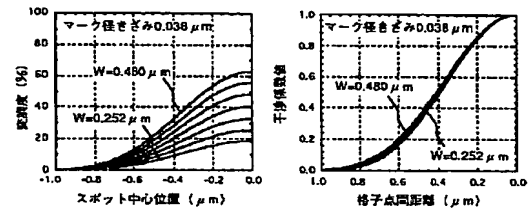


【図4】

(図4)



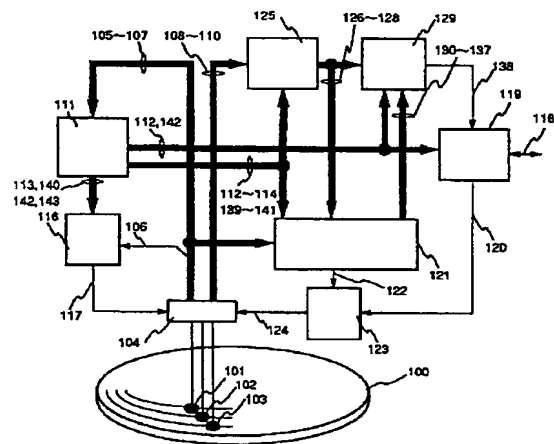
(a) 光磁気媒体の場合



(b) ROM媒体の場合

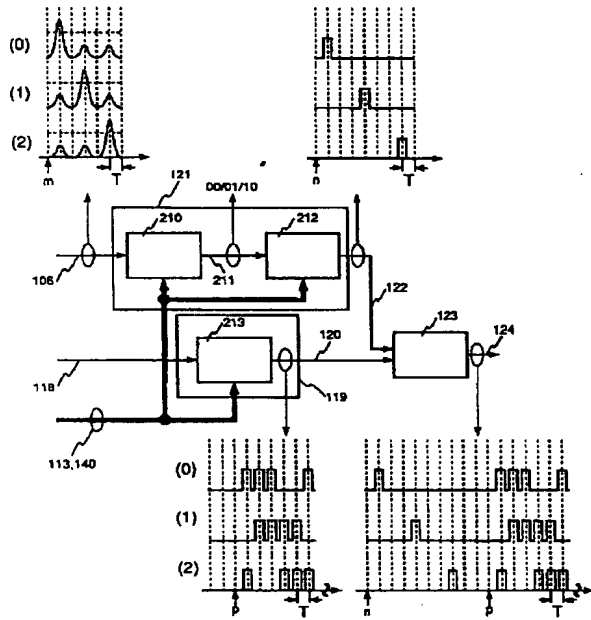
【図7】

(図7)



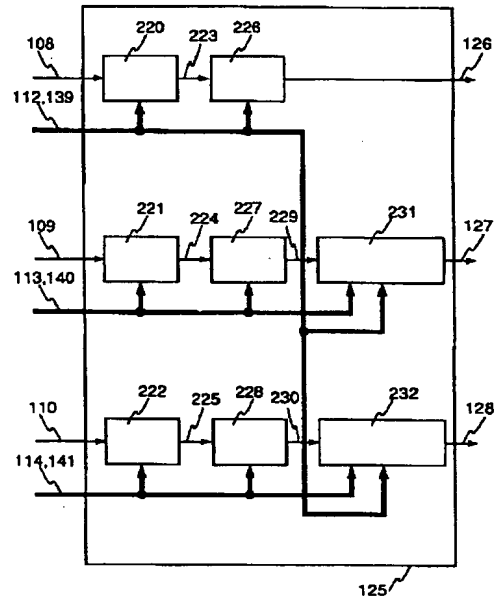
【図 9】

(図 9)



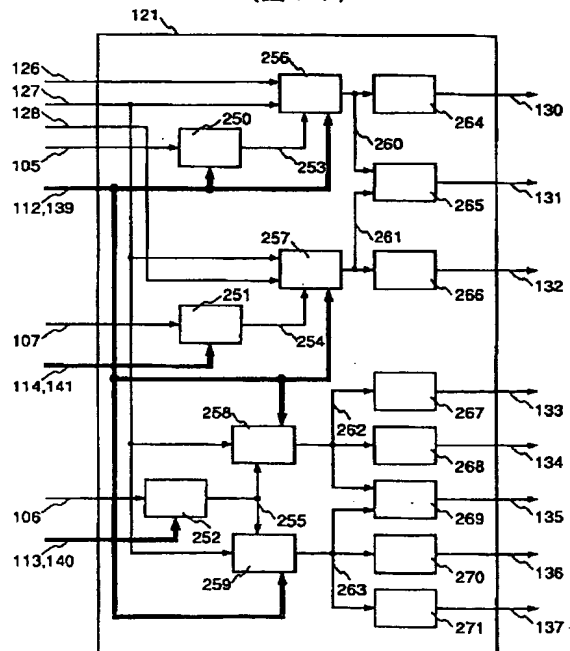
【図 10】

(図 10)



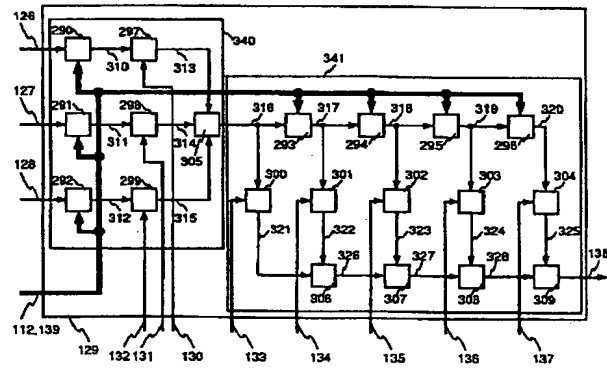
【図 11】

(図 11)



【図 12】

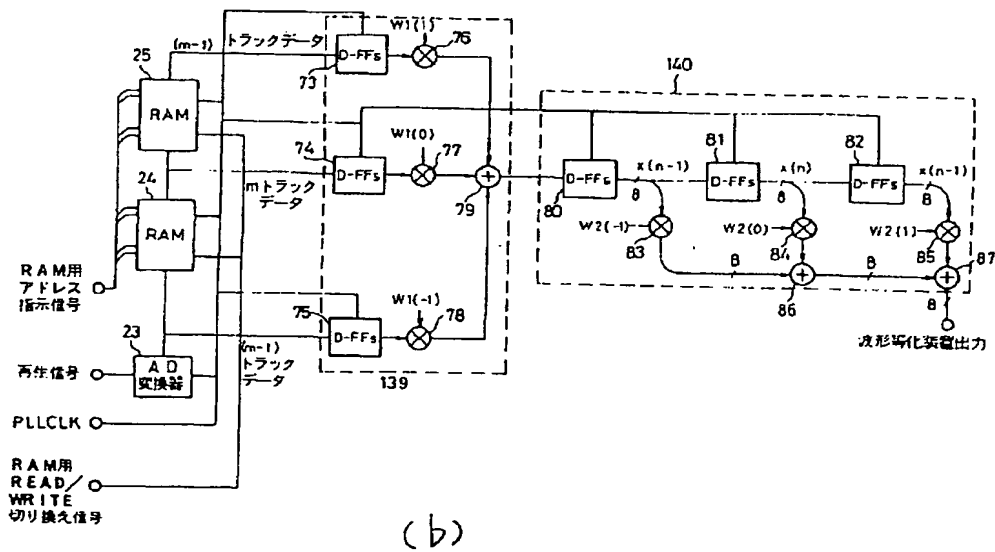
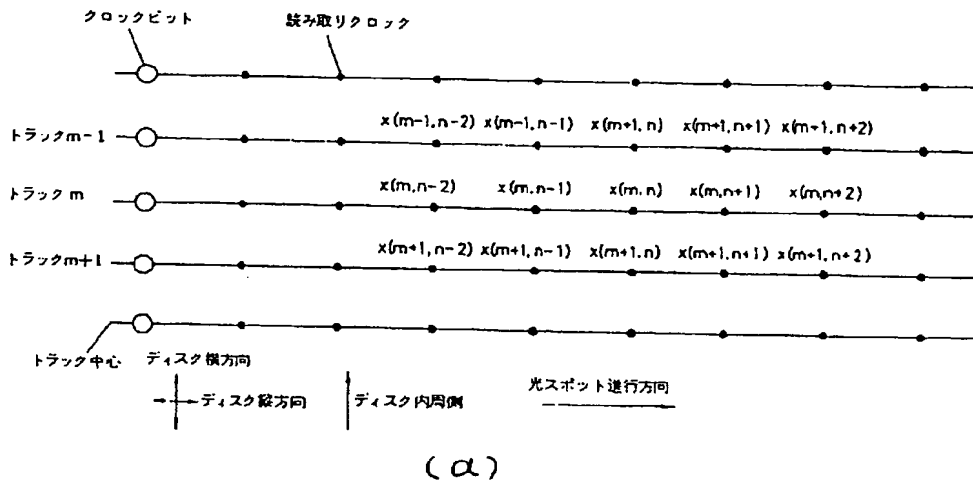
(図 12)



BEST AVAILABLE COPY

【図 14】

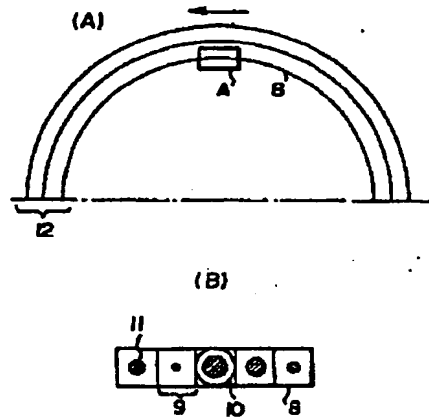
図 14



BEST AVAILABLE COPY

【図15】

(図15)



フロントページの続き

(72)発明者 前田 武志
 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)